

## КРИТЕРИИ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЗРЫВНОЙ СКВАЖИНЫ

Г. Д. Буялич, д. т. н., проф., М. К. Хуснутдинов, ст. преподаватель  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. (3842)-39-69-40  
E-mail: gdb@kuzstu.ru

**Аннотация:** Предложены критерии оценки форм поперечного сечения скважины, полностью заполненной удлиненным зарядом взрывчатого вещества. Критерии рассмотрены с точки зрения эффективности взрывного воздействия на горную породу и могут быть использованы при создании и обосновании конструкций бурового инструмента. Анализ геометрических форм поперечных сечений взрывной полости в виде правильных фигур показал, что имеется взаимосвязь критериев, конкретное значение которых может быть определено для имеющихся конструкций бурового инструмента.

**Abstract:** Proposed criteria for the assessment of the bag of cross-section of the borehole is completely filled elongated explosive charge. Criteria considered from the point of view of the ability to influence the result of the explosive impact and can be used to create and justify the constructions of the drilling tool. The analysis of geometrical forms of cross sections of the explosive borehole in the form of correct figures have shown that there is a relationship of the considered criteria, however, a specific value can be determined for the existing designs of drilling tools.

Традиционной формой поперечного сечения скважины или шпура является круглая форма, получаемая вращением инструмента. Однако с помощью вращения инструмента возможно создание полости в горной породе с некруглым поперечным сечением [1], которая может быть использована для формирования удлиненного заряда соответствующей формы. Известны результаты теоретических и экспериментальных исследований по действию зарядов с круглым, эллиптическим, прямоугольным, треугольным поперечными сечениями [2-8], а также зарядов с нанесенным на стенке скважины концентратором напряжений [9], показывающие влияние формы поперечного сечения на результат действия взрыва.

Особенность действия заряда при форме полости, не имеющей выраженных углов сопряжения ее стенок, такой как, например, эллиптическая форма, основана на разности длин ее малой и большей осей, а особенность действия заряда при формах полости, имеющей выраженные углы сопряжения ее стенок, обусловлена, кроме этого, наличием концентраторов напряжений. Увеличение разности длин осей полости в поперечном сечении приводит к увеличению степени отличия от круглого поперечного сечения и способствует увеличению концентрации растягивающих напряжений вдоль более длинных осей, а уменьшение угла сопряжения стенок способствует локальному увеличению концентрации растягивающих напряжений вблизи него. Площадь контакта взрывчатого вещества с разрушаемым массивом также оказывает влияние на процесс разрушения горной породы [10]. Изменение формы поперечного сечения взрывной полости, заполненной взрывчатым веществом, приводит к изменению количества или объема взрывчатого вещества, приходящегося на единицу площади боковой поверхности взрывной полости. Такой эффект от изменения формы поперечного сечения можно оценить относительно круглого поперечного сечения при условии равенства объема взрывной полости, которое равносильно условию равенства их площадей поперечного сечения. При одной и той же площади поперечного сечения и равном количестве взрывчатого вещества, можно получить разную площадь боковой поверхности, на которую воздействует это количество взрывчатого вещества.

Таким образом, в качестве показателей, характеризующих влияние формы поперечного сечения полости на процесс разрушения горной породы взрывом, предлагается учитывать разность длин ее осей в поперечном сечении, наличие и выраженность концентратора напряжений в виде угла сопряжения ее стенок и увеличение площади боковой поверхности полости при переходе на некруглую форму ее поперечного сечения.

Предложено использование следующих количественно оцениваемых критериев.

1. Относительный размах радиусов полости:

$$R_o = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{max}},$$

где  $R_{max}$  – максимальный радиус описанной окружности поперечного сечения полости (рис. 1);  
 $R_{min}$  – минимальный радиус вписанной окружности поперечного сечения полости (рис. 1).

2. Угол сопряжения стенок полости:  $\epsilon$  (рис. 1).

3. Увеличение площади боковой поверхности полости, %:

$$S = \left( \frac{L}{L_o} - 1 \right) \cdot 100 ,$$

где  $L$  – периметр контура некруглого поперечного сечения полости;

$L_o$  – периметр контура круглого поперечного сечения с площадью, равной площади некруглого поперечного сечения полости.

Данные критерии могут быть использованы для любой формы поперечного сечения [11]. При использовании концентраторов напряжений, образованных с помощью узких и неглубоких щелей, нанесенных на боковую поверхность круглой в поперечном сечении полости [12, 13], значения критериев  $R_o$ ,  $S$  являются несущественными. Если сопряжения стенок полости образуют углы, как, например при треугольной, квадратной форме поперечного сечения, оказывается влияние на процесс взрывного дробления по всем выше названным критериям, а при бурении происходит совмещение процесса создания такой формы и образование концентратора напряжений. Учитывая обоснованность использования вращательного бурения скважин с некруглым поперечным сечением [3], в том числе шарошками [14], в табл. 1 рассмотрены значения критериев для формы в виде правильных фигуры с четырьмя выраженными углами (рис.1). Изменение кривизны стенок образуемой шарошками скважины может быть достигнуто изменением угла наклона плоскостей ( $\alpha$ ), ограничивающих поверхность конуса шарошки (рис. 2). Вариант формы в виде окружности в табл. 1 представлен как предельный случай формы, когда угол сопряжения стенок является развернутым.

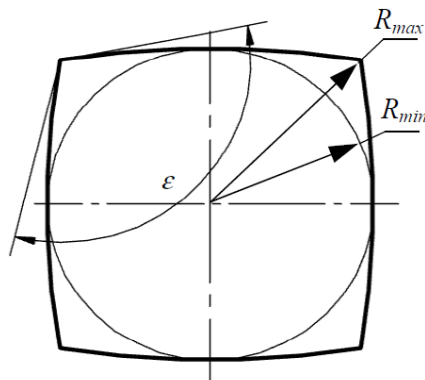


Рис. 1. Параметры формы поперечного сечения удлиненной полости

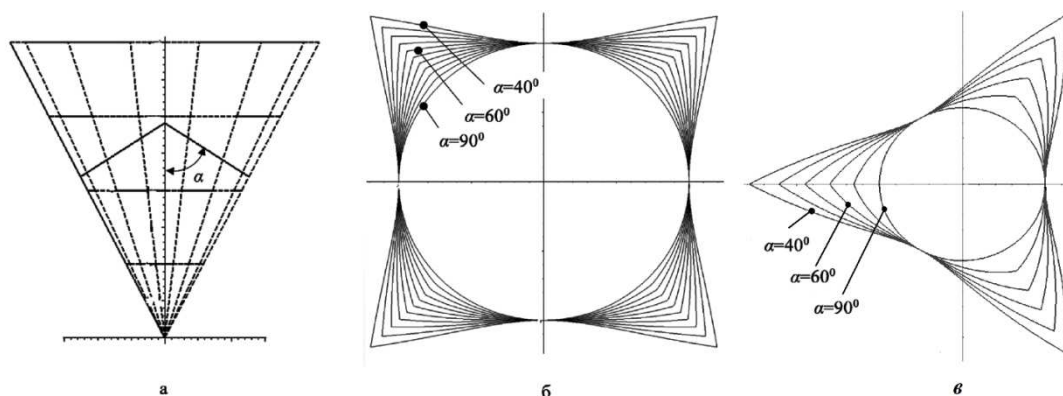
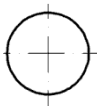
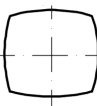
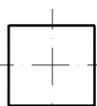
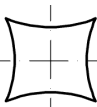


Рис. 2 Влияние угла наклона плоскостей ( $\alpha$ ), ограничивающих поверхность конуса шарошки, на: а – форму конуса шарошки; б и в – соответственно, четырехугольную и треугольную форму поперечного сечения скважины

Таблица 1

Критерии формы поперечного сечения с четырьмя направлениями  $R_{max}$ 

| Вариант формы поперечного сечения                                                   |                       | Соотношение максимального $R_{max}$ и минимального $R_{min}$ радиусов              | Критерии                                                                    |                                              |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     |                       |                                                                                    | Относительный размах радиусов $R_o$                                         | Угол сопряжения стенок $\varepsilon$ , град. | Увеличение площади боковой поверхности полости $S$ , %                                |
|    | окружность            | $R_{max} = R_{min}$                                                                | 0                                                                           | 180                                          | 0                                                                                     |
|    | выпуклые стороны      | $R_{min} < R_{max} < \sqrt{2}R_{min}$<br>или<br>$R_{min} < R_{max} < 1,414R_{min}$ | $0 < R_o < \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$<br>или<br>$0 < R_o < 0,293$ | $90 < \varepsilon < 180$                     | $0 < S < \left(\frac{2\sqrt{\pi}}{\pi} - 1\right)$<br>или<br>$0 < S < 12,8$           |
|    | прямолинейные стороны | $R_{max} = \sqrt{2}R_{min}$<br>или<br>$R_{max} = 1,414R_{min}$                     | $R_o = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$<br>или<br>$R_o = 0,293$         | $\varepsilon = 90$                           | $S = \left(\frac{2\sqrt{\pi}}{\pi} - 1\right)$<br>или<br>$S = 12,8$                   |
|  | вогнутые стороны      | $\sqrt{2}R_{min} < R_{max} < \infty$<br>или<br>$1,414R_{min} < R_{max} < \infty$   | $\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) < R_o < 1$<br>или<br>$0,293 < R_o < 1$ | $0 < \varepsilon < 90$                       | $\left(\frac{2\sqrt{\pi}}{\pi} - 1\right) < S < \infty$<br>или<br>$12,8 < S < \infty$ |

Наблюдается взаимосвязь критериев в случаях с правильными формами поперечного сечения. Увеличение относительного размаха  $R_o$  приводит к уменьшению угла  $\varepsilon$  сопряжения стенок скважины и к увеличению площади боковой поверхности полости. Переход, например, с квадратной формы поперечного сечения на треугольную с выпуклыми сторонами, может обеспечивать одинаковые значения угла  $\varepsilon$  сопряжения стенок скважины или относительного размаха  $R_o$ . Значение угла  $\varepsilon$  можно уменьшать без значительного уменьшения относительного размаха  $R_o$  и площади боковой поверхности полости. Кроме того, значения указанных критериев зависят от количества направлений  $R_{max}$  поперечного сечения взрывной полости (табл. 1). Точное определение взаимосвязи критериев в не рассмотрено, потому что эта взаимосвязь зависит от множества вариантов форм линий, составляющих границы поперечного сечения полости, обеспечиваемых конкретной конструкцией бурового инструмента.

Форма некруглого поперечного сечения взрывной полости оказывает влияние на конструкцию бурового инструмента (рис. 2), способную создавать соответствующую полость в горной породе. В случае большого значения относительного размаха радиусов ( $R_o$ ) отношение объема конуса шарошки, длина образующих которого минимальна, к радиусу  $R_{max}$  уменьшается, что приводит к уменьшению размеров и грузоподъемности подшипниковой опоры и прочности тела шарошки. Вследствие изменения длины зоны разрушения от угла поворота инструмента вращательное бурение скважины с некруглым поперечным сечением способно вызывать колебания осевых усилий и появление момента силы, отклоняющего инструмент от оси его вращения.

Поэтому с помощью изменения формы поперечного сечения можно искать его приемлемые параметры при рациональных конструктивных и силовых параметрах шарошечного бурового инструмента. Предложенные критерии могут быть использованы для многофакторного анализа конструкций бурового инструмента с учетом создаваемой им формы поперечного сечения взрывной полости для разрушения горной породы.

Литература.

1. Богомолов И. Д., Хуснутдинов М. К. Анализ направлений по созданию исполнительного органа для бурения скважин с концентраторами напряжений // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Сб. науч. Тр., № 19 / Ред. Кол. Егоров П. В. (отв. Ред.) и др.: Науч.-техн. центр «Кузбассуглетехнология». – Кемерово, 2002. – С. 120–127.
2. Исаков А. Л. О направленном разрушении горных пород // ФТПРПИ. – 1983. – № 6, С. 41–52.
3. Дубынин Н. Г., Володарская Ш. Г. Яновская Н. Б., Яновский Б. Г. Исследование влияния формы шпура на эффективность шпуровых зарядов // ФТПРПИ. – 1974. – № 6. – С. 104–106.
4. Беришвили Г. А., Михельсов Р. В., Гугушвили Н. Н., Эбралидзе Р. И. Влияние формы поперечного сечения зарядной камеры и конструкции заряда на эффект направленного раскола твердых тел // Физика и механика горных пород. – Вып. 2, Тбилиси, 1975. – С. 64–69.
5. Щерабак Г. С., Ансбаев А. О рациональности применения целевых скважин // Сб. Взрывное дело: Достижения техники и технологии взрывных работ в горном деле, № 59/16, – М.: Недра, 1966. – С. 83–94.
6. Богомолов, И. Д. Результаты исследования разрушения массива бурением скважин круглой, треугольной и прямоугольной форм / И. Д. Богомолов, А. М. Цехин, М. К. Хуснутдинов // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах: Материалы 4 Междунар. науч.-практ. конф., 21 – 23 ноября 2000 г. – Кемерово, 2000. – С. 89–90.
7. Ищенко К. С., Коновал С. В., Кратковский И. Л., Курковская В. В., Курковский А. П. Экспериментально-аналитические исследования геомеханических процессов в массиве крепких сложно-структурных горных пород при взрыве зарядов ВВ различной формы // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – №1. – Т. 1. – 2014. – С. 122–127.
8. Каркашадзе Г.Г., Алексеева В. А. Влияние формы горизонтального сечения скважинных зарядов на величину энергонасыщения породного массива при взрывной отбойке // ГИАБ. – №1. – 2000. – С. 33–35.
9. Theoretical and experimental studies an fracture plane control blast with notched boreholes / Ding Dexing, Zhv. Chenghang // Trans Nonferrous Metals Soc China. – 1999. – № 1. – С. 188–191.
10. Комир В. М., Чебенко В. Н., Чебенко Ю. Н., Кунаков Е. Ю. Регулирование крупности дробления горных пород взрывом путем изменения в конструкциях зарядов площади контакта взрывчатого вещества с разрушаемым массивом // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – Випуск 1/ – 2008. – Частина 1. – С. 78–80.
11. Буялич Г. Д., Хуснутдинов М. К., Баканов А. А. Оценка форм поперечного сечения взрывной полости для разрушения горной породы // Вестн. КузГТУ. – 2017. – № 1. – С. 53–59.
12. А. с. 1670117 СССР, МКИ Е 21 С 9/00. Концентраторообразователь [Текст] / В. М. Кононов [и др.]. – № 4741081/03 ; заявл. 07.08.1989 ; опубл. 15.08.1991, Бюл. № 30. – 2 с.
13. А. с. 899822 СССР, МКИ Е 21 В 7/28. Устройство для выполнения взрывных шпуров и скважин / Д. П. Лобанов [и др.]. – № 2791330/22-03 ; заявл. 10.07.1979 ; опубл. 23.01.1982, Бюл. № 3. – 2 с.
14. Богомолов И. Д., Хуснутдинов М. К. Кинематические и геометрические аспекты бурения скважин некруглой формы шарошечным долотом // Вестн. КузГТУ – 2004. – № 6.1. – С. 15–18.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ  
МОБИЛЬНЫМИ БРИГАДАМИ**

*Г.В. Редреев, к.т.н., доц., О.В. Мяло, к.т.н. доц., С.П. Прокопов, ст.преподаватель  
Омский государственный аграрный университет им. П.А.Столыпина  
644008, г. Омск, Институтская пл., д.1. Тел. (8-3812)650-172*

*E.mail: [gv.redreev@omgau.org](mailto:gv.redreev@omgau.org); [ov.myalo@omgau.org](mailto:ov.myalo@omgau.org); [sp.prokopov@omgau.org](mailto:sp.prokopov@omgau.org)*

**Аннотация:** работоспособность машинно-тракторных агрегатов (МТА) обеспечивается целенаправленной деятельностью исполнителей технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р). При обеспечении работоспособности МТА могут достигаться совершенно различные цели. Для дальнейшего развития представлений формирования технического сервиса предполагается конкретизация концепта в части определения мест дислокации исполнителей ТО и ремонта и их профессиональной специализации, а также возникающих при этом особенностей технического оснащения. Теоретическая задача сводится к классу задач распределения ресурсов или транспортной задаче. Имеется практический опыт технического сервиса мобильными бригадами региональных дилеров заводов изготовителей сельскохозяйственной техники. Формирующийся поток заявок сельскохозяйственных предприятий определяет направления корректировки имеющихся теоретических положений, подтверждая